



(10) **DE 10 2011 079 615 A1** 2013.01.24

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 079 615.0**

(22) Anmeldetag: **22.07.2011**

(43) Offenlegungstag: **24.01.2013**

(51) Int Cl.: **G01S 7/35 (2011.01)**

G01S 7/40 (2011.01)

G01S 13/34 (2011.01)

G01S 13/93 (2011.01)

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469, Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

Himmelstoss, Armin, 71554, Weissach, DE;

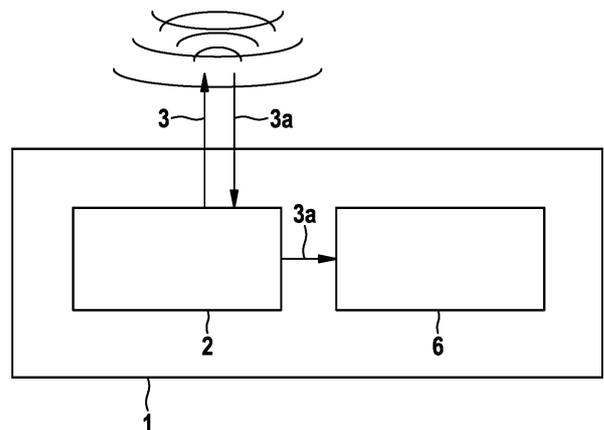
Hildebrandt, Juergen, 73235, Weilheim, DE;

Heilmann, Stefan, 71665, Vaihingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **FMCW-Radarsystem und Interferenzerkennungsverfahren für FMCW-Radarsysteme**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung offenbart ein FMCW-Radarsystem mit einer Sende-/Empfangeinheit, welche dazu ausgebildet ist, Radarsignale, welche mittels zumindest eines Modulationsparameters moduliert sind, auszusenden und Radarsignale, welche von Objekten reflektiert werden zu empfangen, und mit einem Interferenzdetektor zum Erkennen von Interferenzen in den empfangenen Radarsignalen basierend auf zumindest einem den jeweiligen Modulationsparametern entsprechenden frequenzabhängigen Empfangsleistungsschwellwert, wobei einer der Modulationsparameter eine Modulationssteilheit des ausgesendeten Radarsignals ist. Ferner offenbart die vorliegende Erfindung ein Interferenzerkennungsverfahren.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Radarsysteme im Allgemeinen. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung FMCW-Radarsysteme und Interferenzerkennungsverfahren für FMCW-Radarsysteme.

Stand der Technik

[0002] FMCW-Radarsysteme werden heute in einer Vielzahl von Anwendungen eingesetzt. Beispielsweise können FMCW-Radarsysteme insbesondere in Kraftfahrzeugen eingesetzt werden. FMCW-Radarsysteme in Kraftfahrzeugen werden z.B. zur Erkennung von Objekten eingesetzt, welche sich in der Umgebung des Kraftfahrzeugs befinden. Die von den FMCW-Radarsystemen erhaltenen Daten zu Objekten, welche sich um das Fahrzeug befinden, können daraufhin z.B. zur automatischen Geschwindigkeitsregelung eines Kraftfahrzeugs genutzt werden.

[0003] FMCW-Radarsysteme ermöglichen es dabei, eine Geschwindigkeit und eine Entfernung eines Objekts gegenüber dem FMCW-Radarsystem zu bestimmen. Dazu werden mehrere Modulationen vom Radar ausgesendet und die reflektierten Radarsignale ausgewertet. Eine Reihe von ausgesendeten Modulationen (Radarsignalen) wird als Sequenz bezeichnet. Die einzelnen Modulationen werden dabei jeweils von verschiedenen Modulationsparametern, insbesondere von einer Modulationssteilheit der Sendefrequenz, charakterisiert. Beispielsweise kann eine Modulation eine Modulationssteilheit von 400MHz/ms aufweisen.

[0004] Zur Erkennung von Objekten werden üblicherweise eine Vielzahl von Modulationen von Radarsignalen ausgesendet. Die Modulationen können dabei die gleichen oder unterschiedliche Modulationsparameter aufweisen.

[0005] Da Radarsysteme im Allgemein darauf beruhen, elektromagnetische Wellen auszusenden und die Reflektionen dieser ausgesendeten elektromagnetischen Wellen an Objekten zu erfassen und auszuwerten, sind Radarsysteme anfällig für Interferenzen anderer Radarsysteme. Interferenzen sind gegenseitige Störungen von Radarsystemen. Durch Interferenzen kann z.B. die Empfindlichkeit eines Radarsensors eingeschränkt werden oder dessen Detektionsbereich beeinflusst werden. Ferner kann eine Interferenz zu einem fehlerhaften Erkennen oder einem nicht Erkennen von Objekten führen

[0006] In modernen Radarsystemen kommen daher Verfahren zur Erkennung von Interferenzen zum Einsatz.

[0007] Die Druckschrift US 2007/0018886 A1 zeigt ein Interferenzerkennungsverfahren, bei welchem In-

terferenzen basierend auf einer Änderungsgeschwindigkeit der Amplitude des empfangenen Radarsignals erkannt werden.

[0008] Ferner zeigt die JP 2002 168947 (A) ein Verfahren zur Interferenzerkennung, bei welchem ein Schwellwert für das Ausgangssignal eines Mischers einer Empfangseinheit festgelegt wird. Übersteigt der Pegel des Ausgangssignals den Schwellwert, wird von einer Interferenz ausgegangen. Die Bestimmung des Schwellwerts erfolgt dabei in Abhängigkeit einer relativen Geschwindigkeit oder eines Abstands zwischen dem Radarsystem und einem erkannten Objekt.

Offenbarung der Erfindung

[0009] Die vorliegende Erfindung offenbart ein FMCW-Radarsystem mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und ein Interferenzerkennungsverfahren für FMCW-Radarsysteme mit den Merkmalen des Patentanspruchs 7.

[0010] Demgemäß ist vorgesehen:

Ein FMCW-Radarsystem mit einer Sende-/Empfangseinheit, welche dazu ausgebildet ist, Radarsignale, welche mittels zumindest eines Modulationsparameters moduliert sind, auszusenden und Radarsignale, welche von Objekten reflektiert werden zu empfangen, und mit einem Interferenzdetektor zum Erkennen von Interferenzen in den empfangenen Radarsignalen basierend auf zumindest einem den jeweiligen Modulationsparametern entsprechenden frequenzabhängigen Empfangsleistungsschwellwert, wobei einer der Modulationsparameter eine Modulationssteilheit des ausgesendeten Radarsignals ist.

[0011] Ein Interferenzerkennungsverfahren für FMCW-Radarsysteme mit den Schritten Bereitstellen eines erfindungsgemäßen FMCW-Radarsystems, Senden von Radarsignalen, welche mittels zumindest eines Modulationsparameters moduliert sind, Empfangen von Radarsignalen, welche von Objekten reflektiert werden, Erkennen von Interferenzen in den empfangenen Radarsignalen basierend auf zumindest einem den jeweiligen Modulationsparametern entsprechenden frequenzabhängigen Empfangsleistungsschwellwert, wobei einer der Modulationsparameter eine Modulationssteilheit des ausgesendeten Radarsignals ist.

Vorteile der Erfindung

[0012] Die der vorliegenden Erfindung zu Grunde liegende Erkenntnis besteht darin, dass eine Empfangsleistung von Radarsignalen für real existierende Objekte bestimmte Maximalwerte üblicherweise nicht übersteigt.

[0013] Die der vorliegenden Erfindung zu Grunde liegende Idee besteht nun darin, eine Interferenzerkennung basierend auf Schwellwerten für die Empfangsleistung von Radarsignalen durchzuführen, wobei die Empfangsleistungsschwellwerte mittels zumindest einer Modulationssteilheit des ausgesendeten Radarsignals bestimmt werden. Dazu wird für eine gegebene Modulationssteilheit eine Signatur bzw. ein Satz von frequenzabhängigen Empfangsleistungsschwellwerten bestimmt, welche zu den in der jeweiligen Modulation vorkommenden Frequenzen jeweils einen Empfangsleistungsschwellwert angeben.

[0014] Wird ein Satz von frequenzabhängigen Empfangsleistungsschwellwerten für jeweils eine Modulationssteilheit bestimmt, wird eine sehr effektive und einfache Interferenzerkennung möglich. Ein einzelner Satz von frequenzabhängigen Empfangsleistungsschwellwerten ermöglicht es dann für eine Modulation zu bestimmen, ob innerhalb der Modulation eine Interferenz aufgetreten ist.

[0015] Dabei kann eine Interferenz für einzelne Frequenzen einer Modulation erkannt werden. Ferner kann ein Interferenz auch über einen Teilfrequenzbereich oder den gesamten Frequenzbereich einer Modulation erkannt werden. Insbesondere können mittels dem modulations- und/oder frequenzabhängigen Empfangsleistungsschwellwert Interferenzen von tatsächlichen Zielen auch innerhalb des Frequenzbereichs, in welchem Ziele typischerweise auftreten, unterschieden werden. Ferner bietet die vorliegende Erfindung eine Möglichkeit, jegliche Art von Interferenzen in dem zulässigen Frequenzbereich zu erkennen.

[0016] Diese Interferenzen können z.B. durch weitere FMCW-Radarsysteme, FSK-, Step-FMCW-, Chirp- und/oder Pulsradarsysteme sowie weitere Radarsysteme hervorgerufen werden.

[0017] Ferner kann ein Satz von frequenzabhängigen Empfangsleistungsschwellwerten für eine bekannte Modulation einmal bestimmt und abgespeichert werden. Das Erkennen einer Interferenz kann dann durch einen sehr schnellen und wenig aufwendigen Vergleich der Empfangsleistung bei einer bestimmten Frequenz mit dem Empfangsleistungsschwellwert bestimmt werden, welchen der Satz von frequenzabhängigen Empfangsleistungsschwellwerten für diese Frequenz angibt.

[0018] Ein Satz von frequenzabhängigen Empfangsleistungsschwellwerten für eine bestimmte Modulationssteilheit kann beispielsweise mittels der FMCW-Gleichung, der allgemeinen Radargleichung oder von einer dieser Gleichungen abgeleiteten Bestimmungsgleichungen bestimmt werden.

[0019] Ein Satz von frequenzabhängigen Empfangsleistungsschwellwerten kann dabei nicht nur in Abhängigkeit einer bestimmten Modulationssteilheit bestimmt werden. Der Satz von frequenzabhängigen Empfangsleistungsschwellwerten kann beispielsweise in Abhängigkeit eines Relativgeschwindigkeitsbereichs sein und/oder eines Zielabstandsbereichs und/oder für einen maximal erwarteten Radarrückstreuquerschnitt von Objekten bestimmt werden, welche mittels des Radars erkannt werden sollen. Dabei kann bei der Bestimmung des Satzes von Empfangsleistungsschwellwerten eine Abwägung zwischen der Erkennungsgenauigkeit von Interferenzen und der Wahrscheinlichkeit eines Fehlalarms bei der Interferenzerkennung getroffen werden. Ein erfindungsgemäßer Satz von frequenzabhängigen Empfangsleistungsschwellwerten kann insbesondere als Kurve in einem Diagramm dargestellt werden.

[0020] Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie aus der Beschreibung unter Bezugnahme auf die Figuren.

[0021] In einer Ausführungsform weist der Interferenzdetektor eine Auswerteeinheit auf, welche dazu ausgebildet ist, die Empfangsleistung und die Frequenz der empfangenen Radarsignale zu bestimmen, eine Schwellwerteinheit auf, welche dazu ausgebildet ist, den zumindest einen frequenzabhängigen Empfangsleistungsschwellwert basierend auf der bestimmten Frequenz und den jeweiligen Modulationsparametern zu bestimmen, und eine Vergleichseinheit auf, welche dazu ausgebildet ist, den bestimmten Empfangsleistungsschwellwert mit der Empfangsleistung der empfangenen Radarsignale zu vergleichen und das Vorhandensein einer Interferenz anzuzeigen, falls die Empfangsleistung größer ist als der Empfangsleistungsschwellwert. In einer weiteren Ausführungsform ist die Schwellwerteinheit dazu ausgebildet, den frequenzabhängigen Empfangsleistungsschwellwert basierend auf der bestimmten Frequenz aus einem Satz den jeweiligen Modulationsparametern entsprechender frequenzabhängiger Empfangsleistungsschwellwerte zu bestimmen.

[0022] In einer weiteren Ausführungsform weisen die Modulationsparameter ferner eine Sendeleistung der Sende-/Empfangseinheit und/oder einen Gewinn der Antenne der Sende-/Empfangseinheit und/oder einen maximal auftretenden Radarrückstreuquerschnitt erwarteter Objekte und/oder eine Geschwindigkeit, mit welcher sich das FMCW-Radarsystem bewegt, und/oder Daten bereits erkannter Objekte, wie z.B. Relativgeschwindigkeit und/oder Abstand, auf. Werden weitere Modulationsparameter zur Bestimmung des frequenzabhängigen Empfangsleistungsschwellwerts genutzt, kann die Toleranz, mit welcher eine Interferenz erkannt wird, deutlich gesenkt werden. Dadurch werden Interferenzen

sicherer erkannt und die Wahrscheinlichkeit eines Fehlalarms wird verringert. Damit wird die Verfügbarkeit und die Qualität der Objekterkennung des FMCW-Radarsystems erhöht.

[0023] In einer Ausführungsform ist die Schwellwert-einheit dazu ausgebildet, den Empfangsleistungsschwellwert ferner basierend auf einer Einbausituation der Sende-/Empfangseinheit zu bestimmen. Zusätzlich oder alternativ ist die Schwellwerteinheit dazu ausgebildet, den Empfangsleistungsschwellwert ferner basierend auf einer Sende-/Empfangscharakteristik der Sende-/Empfangseinheit zu bestimmen. Die Sende-/Empfangscharakteristik der Sende-/Empfangseinheit beeinflusst die Empfangsleistung des FMCW-Radarsystems und ist von der jeweiligen elektrischen sowie mechanischen Konstruktion und der Einbausituation des FMCW-Radarsystems abhängig. Werden zur Bestimmung des Empfangsleistungsschwellwerts die Einbausituation und die Sende-/Empfangscharakteristik berücksichtigt, wird die Genauigkeit der Interferenzerkennung weiter erhöht. Die Einflüsse, welche die Einbausituation und die Sende-/Empfangscharakteristik auf die jeweiligen Empfangsleistungsschwellwerte haben, können in Simulationen ermittelt oder durch Messungen an dem realen FMCW-Radarsystem bestimmt werden.

[0024] In einer Ausführungsform ist ein erster Speicher vorgesehen, in welchem für jeweils einen Satz von Empfangsleistungsschwellwerten zumindest zwei Empfangsleistungsschwellwerte für jeweils unterschiedliche Frequenzen gespeichert sind, wobei der Interferenzdetektor dazu ausgebildet ist, einen Empfangsleistungsschwellwert für Frequenzen, für welche kein Empfangsleistungsschwellwert gespeichert ist, basierend auf den zumindest zwei gespeicherten Empfangsleistungsschwellwerten zu interpolieren. Wird nur eine Auswahl von Empfangsleistungsschwellwerten eines Satzes von Empfangsleistungsschwellwerten gespeichert, kann der jeweilige Satz sehr speichereffizient gespeichert werden. Das Speichern weniger Empfangsleistungsschwellwerten eines Satzes von Empfangsleistungsschwellwerten reduziert den Speicherbedarf für das Speichern des jeweiligen Satzes dabei auf einen Bruchteil des Speichers, welcher nötig ist, um den gesamte Satz zu speichern. Dabei bleibt durch die Interpolation die Möglichkeit einen Empfangsleistungsschwellwert für beliebige Frequenzen einer Modulation zu bestimmen erhalten.

[0025] In einer Ausführungsform ist ein zweiter Speicher vorgesehen, in welchem für eine Vielzahl von Sätzen von Empfangsleistungsschwellwerten jeweils zumindest zwei Empfangsleistungsschwellwerte für jeweils unterschiedliche Frequenzen in einem Kennlinienfeld gespeichert sind. Sind die Empfangsleistungsschwellwerte für unterschiedliche Sätze von Empfangsleistungsschwellwerten in einem Kennli-

enfeld in einem einzelnen Speicher abgelegt wird ein besonders effizienter Zugriff auf die einzelnen Empfangsleistungsschwellwerte möglich. Insbesondere können die Sätze von Empfangsleistungsschwellwerten in dem Kennlinienfeld entsprechend der Reihenfolge abgelegt werden, in welcher die den einzelnen Sätzen entsprechenden Modulationen von dem FMCW-Radarsystem ausgesendet werden. Ein Zugriff auf die Speicherorte des nächsten Satzes von Empfangsleistungsschwellwerten kann dann durch einfaches Addieren eines Offsets auf einen Zeiger auf die Empfangsleistungsschwellwerte erfolgen.

[0026] Die obigen Ausgestaltungen und Weiterbildungen lassen sich, sofern sinnvoll, beliebig miteinander kombinieren. Weitere mögliche Ausgestaltungen, Weiterbildungen und Implementierungen der Erfindung umfassen auch nicht explizit genannte Kombinationen von zuvor oder im Folgenden bezüglich der Ausführungsbeispiele beschriebenen Merkmale der Erfindung. Insbesondere wird dabei der Fachmann auch Einzelaspekte als Verbesserungen oder Ergänzungen zu der jeweiligen Grundform der vorliegenden Erfindung hinzufügen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0027] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand der in den schematischen Figuren der Zeichnungen angegebenen Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen dabei:

[0028] [Fig. 1](#) ein Blockschaltbild einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen FMCW-Radarsystems;

[0029] [Fig. 2](#) ein Ablaufdiagramm einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Interferenzerkennungsverfahrens;

[0030] [Fig. 3](#) ein Blockschaltbild einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen FMCW-Radarsystems; und

[0031] [Fig. 4](#) ein Diagramm einer beispielhaften Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Satzes von Empfangsleistungsschwellwerten.

[0032] In allen Figuren sind gleiche bzw. funktionsgleiche Elemente und Vorrichtungen – sofern nichts Anderes angegeben ist – mit denselben Bezugszeichen versehen worden.

Ausführungsformen der Erfindung

[0033] [Fig. 1](#) zeigt ein Blockschaltbild einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen FMCW-Radarsystems **1**.

[0034] Das FMCW-Radarsystem **1** weist eine Sende-/Empfangseinheit **2** auf, welche Radarsignale **3** aussendet und Radarsignale **3a** empfängt. Die ausgesendeten Radarsignale **3** werden dabei mittels vorgegebener Modulationsparameter moduliert. Ferner stellt die Sende-/Empfangseinheit **2** die empfangenen Radarsignale **3a** einem Interferenzdetektor **6** bereit, welcher basierend auf zumindest einem den jeweiligen Modulationsparametern entsprechenden frequenzabhängigen Empfangsleistungsschwellwert **8** Interferenzen in den empfangenen Radarsignalen **3a** erkennt.

[0035] Der Interferenzdetektor **6** ist als Mikrocontroller **6** ausgebildet, der die empfangenen Radarsignale **3a** mittels Analog-/Digital-Wandlern in digitale Daten wandelt und Interferenzen in den empfangenen Radarsignalen **3a** erkennt.

[0036] In weiteren Ausführungsformen ist der Interferenzdetektor **6** als Embedded-Computer, als anwendungsspezifischer Schaltkreis (ASIC), als programmierbarer Logikbaustein oder dergleichen ausgebildet.

[0037] **Fig. 2** zeigt ein Ablaufdiagramm einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Interferenzerkennungsverfahrens.

[0038] In **Fig. 2** wird in einem ersten Schritt S1 ein erfindungsgemäßes FMCW-Radarsystem **1** bereitgestellt. In einem zweiten Schritt S2 werden Radarsignale **3** ausgesendet, welche mittels zumindest eines Modulationsparameters moduliert sind. Von Objekten reflektierte ausgesendete Radarsignale **3** werden in einem dritten Schritt S3 empfangen. In einem vierten Schritt S4 werden basierend auf zumindest einem den jeweiligen Modulationsparametern entsprechenden frequenzabhängigen Empfangsleistungsschwellwert **8** Interferenzen in den empfangenen Radarsignalen **3a** erkannt. Die Schritte S3 und S4 können in einer Ausführungsform gleichzeitig ablaufen.

[0039] Das Erkennen von Interferenzen erfolgt in einer weiteren Ausführungsform insbesondere durch einen Vergleich des Wertes der Empfangsleistung der empfangenen Radarsignale **3a** mit einem entsprechenden Empfangsleistungsschwellwert **8**. Der Empfangsleistungsschwellwert **8** wird dabei einem Satz von Empfangsleistungsschwellwerten **8** an der Stelle entnommen, welche der Frequenz des empfangenen Radarsignals **3a** entspricht. Dabei wird für jede von dem FMCW-Radarsystem **1** genutzte Variante von Modulationsparametern ein Satz von Empfangsleistungsschwellwerten **8** bereitgestellt. In einer weiteren Ausführungsform werden die einzelnen Sätze von Empfangsleistungsschwellwerten **8** in Form eines einzigen Kennlinienfeldes in einem Speicher abgelegt.

[0040] Die einzelnen Sätze von Empfangsleistungsschwellwerten **8** können in einer Ausführungsform beispielsweise anhand der FMCW-Gleichung berechnet werden. In weiteren Ausführungsformen können die Sätze von Empfangsleistungsschwellwerten mittels der allgemeinen Radargleichung oder daraus abgeleiteter Berechnungsvorschriften berechnet werden. In noch weiteren Ausführungsformen können die Sätze von Empfangsleistungsschwellwerten experimentell bestimmt werden oder die berechneten Sätze von Empfangsleistungsschwellwerten können anhand experimenteller Versuche an die jeweilige Applikation angepasst werden.

[0041] Ein Satz von Empfangsleistungsschwellwerten kann in weiteren Ausführungsformen von der Schwellwerteinheit **7** in Echtzeit bestimmt werden und/oder in Abhängigkeit weiterer Daten angepasst werden. Diese Daten können z.B. eine Geschwindigkeit eines Fahrzeugs mit dem FMCW-Radarsystem **1** bzw. eine Geschwindigkeit des FMCW-Radarsystems **1**, Daten erkannter Objekte, wie z.B. Relativgeschwindigkeit und Abstand, die Sendeleistung der Sende-/Empfangseinheit oder dergleichen sein.

[0042] **Fig. 3** zeigt ein Blockschaltbild einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen FMCW-Radarsystems **1**.

[0043] Das Blockschaltbild in **Fig. 3** unterscheidet sich von dem Blockschaltbild in **Fig. 1** dahingehend, dass der Interferenzdetektor **6** eine Auswerteeinheit **9** aufweist, welche die empfangenen Radarsignale **3a** auswertet und die Empfangsleistung **11** der empfangenen Radarsignale **3a** einer Vergleichseinheit **10** sowie die Frequenz **12** der empfangenen Radarsignale **3a** einer Schwellwerteinheit **7** bereitstellt. Die Schwellwerteinheit **7** bestimmt zumindest anhand eines vorgegebenen Modulationsparameters und der Frequenz **12** einen entsprechenden Empfangsleistungsschwellwert **8** für die Empfangsleistung **11** der empfangenen Radarsignale **3a**. Die Vergleichseinheit **10** vergleicht daraufhin die Empfangsleistung **11** mit dem Empfangsleistungsschwellwert **8** und zeigt eine Interferenz an, wenn die Empfangsleistung **11** über dem Empfangsleistungsschwellwert **8** liegt. Die Schwellwerteinheit **7** kann die Empfangsleistungsschwellwerte **8** dabei aus einem Speicher auslesen oder in Echtzeit berechnen.

[0044] **Fig. 4** zeigt ein Diagramm einer beispielhaften Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Satzes von Empfangsleistungsschwellwerten.

[0045] In **Fig. 4** ist ein Diagramm eines beispielhaften Satzes von Empfangsleistungsschwellwerten für eine Modulationssteilheit von 400 MHz/ms in Form einer Schwellwertkurve dargestellt. Das Diagramm basiert ferner auf einem Radarrückstreuquerschnitt von 3000m², einem Relativgeschwindigkeitsbereich von –

75 m/s bis +20 m/s und einem Zielabstand von 1 m bis 200 m.

[0046] In einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Radarsystems wird die Schwellwertkurve in Form eines Satzes von Empfangsleistungsschwellwerten abgespeichert. Dabei werden die Punkte der Schwellwertkurve in dem Satz von Empfangsleistungsschwellwerten als Paare von Frequenz und Empfangsleistung gespeichert. Dabei entspricht der frequenzmäßige Abstand der Paare der frequenzmäßigen Auflösung der Sende-/Empfangseinheit.

[0047] In dem Diagramm ist auf der Abszissenachse die Frequenz des empfangenen Radarsignals **3a** aufgetragen. Die aufgetragene Frequenz beginnt bei 0 kHz und endet bei 300 kHz, dabei sind an der Abszissenachse jeweils Schritte von 50 kHz gekennzeichnet. An der Ordinatenachse ist die Empfangsleistung in dB von 0 dB bis -60 dB in Schritten von 10 dB aufgetragen. Ferner ist in dem Diagramm eine Kurve aufgetragen. Die Kurve verläuft von 0 Hz bis ca. 40 kHz bei ca. -8 dB. Danach fällt die Kurve bis 300 kHz mit zunehmend geringerem Gradienten bis auf ca. -57 dB ab.

[0048] Der Bereich über der oberen Kurve ist der Bereich, der als Interferenzdetektionsbereich gilt. Wird für ein empfangenes Radarsignal **3a** bei einer Frequenz eine Empfangsleistung bestimmt, welche über der oberen Kurve liegt, wird davon ausgegangen, dass eine Interferenz vorliegt. Liegt die Empfangsleistung empfangener Radarsignale **3a** in dem Bereich unter der Kurve, so kann davon ausgegangen werden, dass ein Objekt in dem Erkennungsbereich der Sende-/Empfangseinheit **2** liegt.

[0049] In einer Ausführungsform des vorliegenden Radarsystems entsprechen die frequenzabhängigen Empfangsleistungsschwellwerte der oberen Kurve des Diagramms. In weiteren Ausführungsformen sind andere Kurvenverläufe in Abhängigkeit der Modulationssteilheit, anderer Modulationsparameter und fahrzeugspezifischer Parameter möglich.

[0050] Obwohl die vorliegende Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele vorstehend beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Art und Weise modifizierbar. Insbesondere lässt sich die Erfindung in mannigfaltiger Weise verändern oder modifizieren, ohne vom Kern der Erfindung abzuweichen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 2007/0018886 A1 [\[0007\]](#)
- JP 2002168947 A [\[0008\]](#)

Patentansprüche

1. FMCW-Radarsystem, mit einer Sende-/Empfangseinheit (2), welche dazu ausgebildet ist, Radarsignale (3), welche mittels zumindest eines Modulationsparameters moduliert sind, auszusenden und Radarsignale (3a), welche von Objekten reflektiert werden zu empfangen; mit einem Interferenzdetektor (6) zum Erkennen von Interferenzen in den empfangenen Radarsignalen (3a) basierend auf zumindest einem den jeweiligen Modulationsparametern entsprechenden frequenzabhängigen Empfangsleistungsschwellwert (8), wobei einer der Modulationsparameter eine Modulationssteilheit des ausgesendeten Radarsignals ist.
2. FMCW-Radarsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Interferenzdetektor (6) eine Auswerteeinheit (9) aufweist, welche dazu ausgebildet ist, die Empfangsleistung (11) und die Frequenz (12) der empfangenen Radarsignale (3a) zu bestimmen, eine Schwellwerteinheit (7) aufweist, welche dazu ausgebildet ist, den zumindest einen frequenzabhängigen Empfangsleistungsschwellwert (8) basierend auf der bestimmten Frequenz (12) aus einem Satz den jeweiligen Modulationsparametern entsprechender frequenzabhängiger Empfangsleistungsschwellwerte (8) zu bestimmen, und eine Vergleichseinheit (10) aufweist, welche dazu ausgebildet ist, den bestimmten Empfangsleistungsschwellwert (8) mit der Empfangsleistung (11) der empfangenen Radarsignale (3a) zu vergleichen und das Vorhandensein einer Interferenz anzuzeigen, falls die Empfangsleistung (11) größer ist als der Empfangsleistungsschwellwert (8).
3. FMCW-Radarsystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulationsparameter ferner eine Sendeleistung der Sende-/Empfangseinheit (2) und/oder einen Gewinn der Antenne der Sende-/Empfangseinheit (2) und/oder einen maximal auftretenden Radarrückstreuquerschnitt erwarteter Objekte und/oder eine Geschwindigkeit, mit welcher sich das FMCW-Radarsystem (1) bewegt, und/oder Daten bereits erkannter Objekte aufweisen.
4. FMCW-Radarsystem nach einem der Ansprüche 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Schwellwerteinheit (7) dazu ausgebildet ist, den Empfangsleistungsschwellwert (8) ferner basierend auf einer Einbausituation der Sende-/Empfangseinheit (2) zu bestimmen; und/oder dass die Schwellwerteinheit (7) dazu ausgebildet ist, den Empfangsleistungsschwellwert (8) ferner basierend auf einer Sende-/Empfangscharakteristik der Sende-/Empfangseinheit (2) zu bestimmen.
5. FMCW-Radarsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein erster Speicher vorgesehen ist, in welchem für jeweils einen Satz von Empfangsleistungsschwellwerten (8) zumindest zwei Empfangsleistungsschwellwerte (8) für jeweils unterschiedliche Frequenzen gespeichert sind, wobei der Interferenzdetektor (6) dazu ausgebildet ist, einen Empfangsleistungsschwellwert (8) für Frequenzen, für welche kein Empfangsleistungsschwellwert (8) gespeichert ist, basierend auf den zumindest zwei gespeicherten Empfangsleistungsschwellwerten (8) zu interpolieren.
6. FMCW-Radarsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweiter Speicher vorgesehen ist, in welchem für eine Vielzahl von Sätzen von Empfangsleistungsschwellwerten (8) jeweils zumindest zwei Empfangsleistungsschwellwerte (8) für jeweils unterschiedliche Frequenzen in einem Kennlinienfeld gespeichert sind.
7. Interferenzerkennungsverfahren für FMCW-Radarsysteme, mit den Schritten: Bereitstellen (S1) eines FMCW-Radarsystems (1) nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 6; Senden (S2) von Radarsignalen (3), welche mittels zumindest eines Modulationsparameters moduliert sind; Empfangen (S3) von Radarsignalen (3a), welche von Objekten reflektiert werden; Erkennen (S4) von Interferenzen in den empfangenen Radarsignalen (3a) basierend auf zumindest einem den jeweiligen Modulationsparametern entsprechenden frequenzabhängigen Empfangsleistungsschwellwert (8), wobei einer der Modulationsparameter eine Modulationssteilheit des ausgesendeten Radarsignals ist.
8. Interferenzerkennungsverfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass zum Erkennen (S4) von Interferenzen eine Empfangsleistung (11) und einer Frequenz (12) der empfangenen Radarsignale (3a) bestimmt werden und ein frequenzabhängiger Empfangsleistungsschwellwert (8) basierend auf der bestimmten Frequenz (12) aus einem Satz den jeweiligen Modulationsparametern entsprechender frequenzabhängiger Empfangsleistungsschwellwerte (8) bestimmt wird und der Empfangsleistungsschwellwert (8) mit der Empfangsleistung (11) der empfangenen Radarsignale (3a) verglichen wird und eine Interferenz angezeigt wird, falls die Empfangsleistung (11) größer ist als der bestimmte Empfangsleistungsschwellwert (8).
9. Interferenzerkennungsverfahren nach zumindest einem der Ansprüche 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulationsparameter ferner eine Sendeleistung der Sende-/Empfangseinheit (2) und/oder einen Gewinn der Antenne der Sende-/Empfangseinheit (2) und/oder einen maximal auftretenden Radarrückstreuquerschnitt erwarteter Objekte und/oder eine Geschwindigkeit, mit welcher sich

das FMCW-Radarsystem (1) bewegt, und/oder Daten von durch das FMCW-Radarsystem (1) bereits erkannter Objekte aufweisen.

10. Interferenzerkennungsverfahren nach zumindest einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass beim Bestimmen eines Empfangsleistungsschwellwerts (8) der Empfangsleistungsschwellwert (8) basierend auf einer Einbausituation der Sende-/Empfangseinheit (2) und/oder basierend auf einer Sende-/Empfangscharakteristik der Sende-/Empfangseinheit (2) bestimmt wird.

11. Interferenzerkennungsverfahren nach zumindest einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei Empfangsleistungsschwellwerte (8) für jeweils unterschiedliche Frequenzen für jeweils einen Satz von Empfangsleistungsschwellwerten (8) gespeichert werden und ein Empfangsleistungsschwellwert (8) basierend auf den zumindest zwei gespeicherten Empfangsleistungsschwellwerten (8) für Frequenzen interpoliert wird, für welche kein Empfangsleistungsschwellwert (8) gespeichert ist.

12. Interferenzerkennungsverfahren nach zumindest einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei Empfangsleistungsschwellwerte (8) für jeweils unterschiedliche Frequenzen für eine Vielzahl von Sätzen von Empfangsleistungsschwellwerten (8) in einem Kennlinienfeld gespeichert werden.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

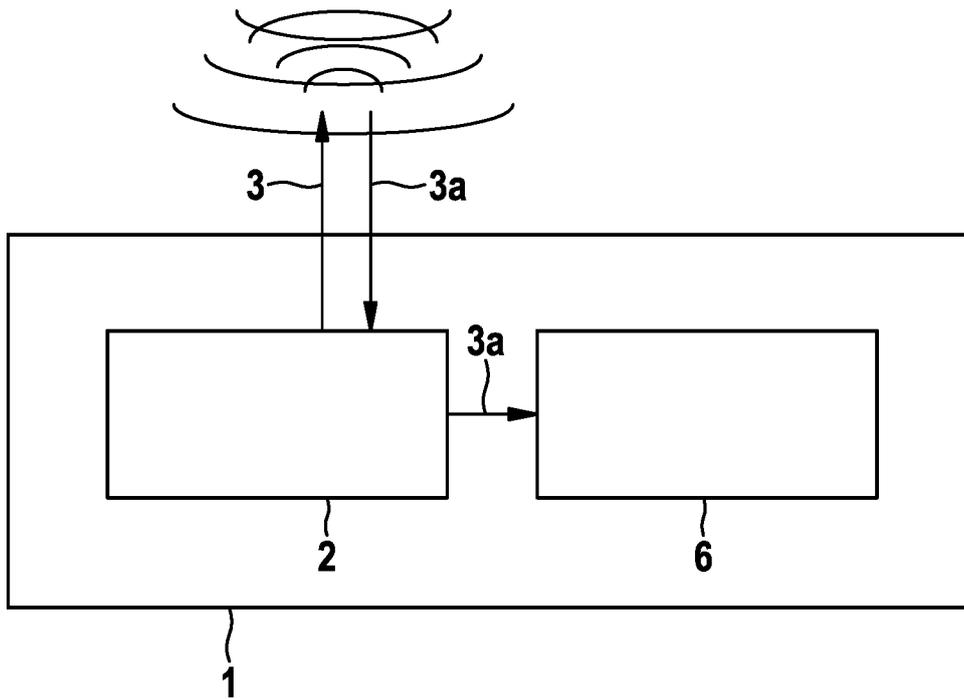


Fig. 1

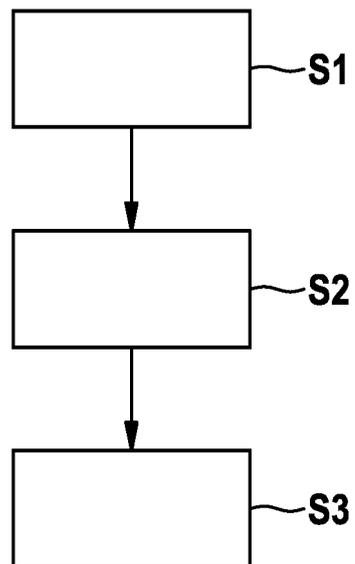


Fig. 2

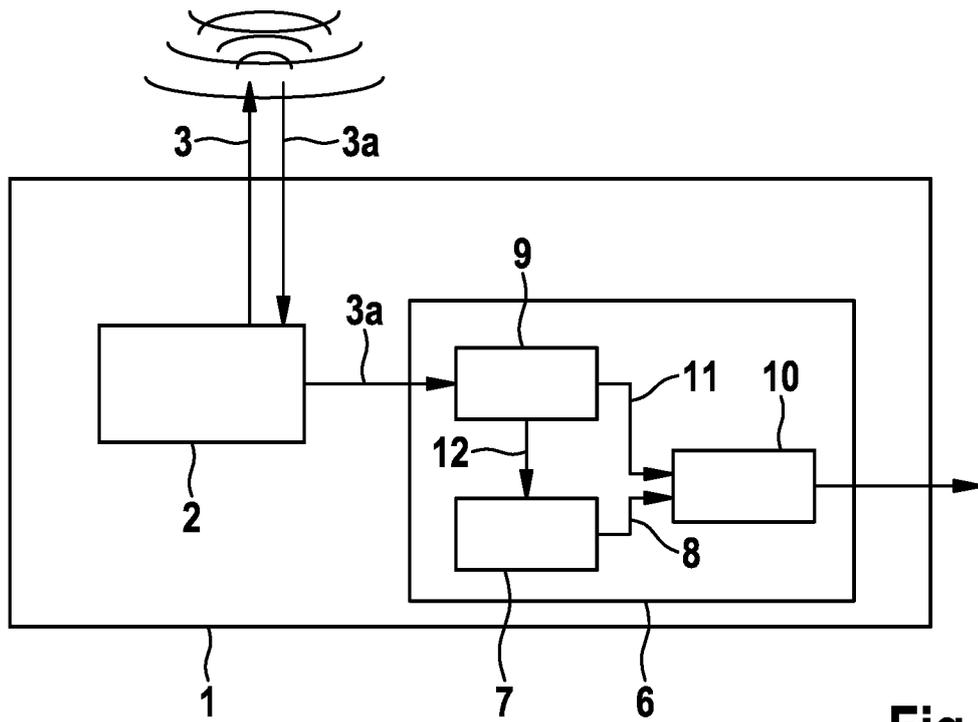


Fig. 3

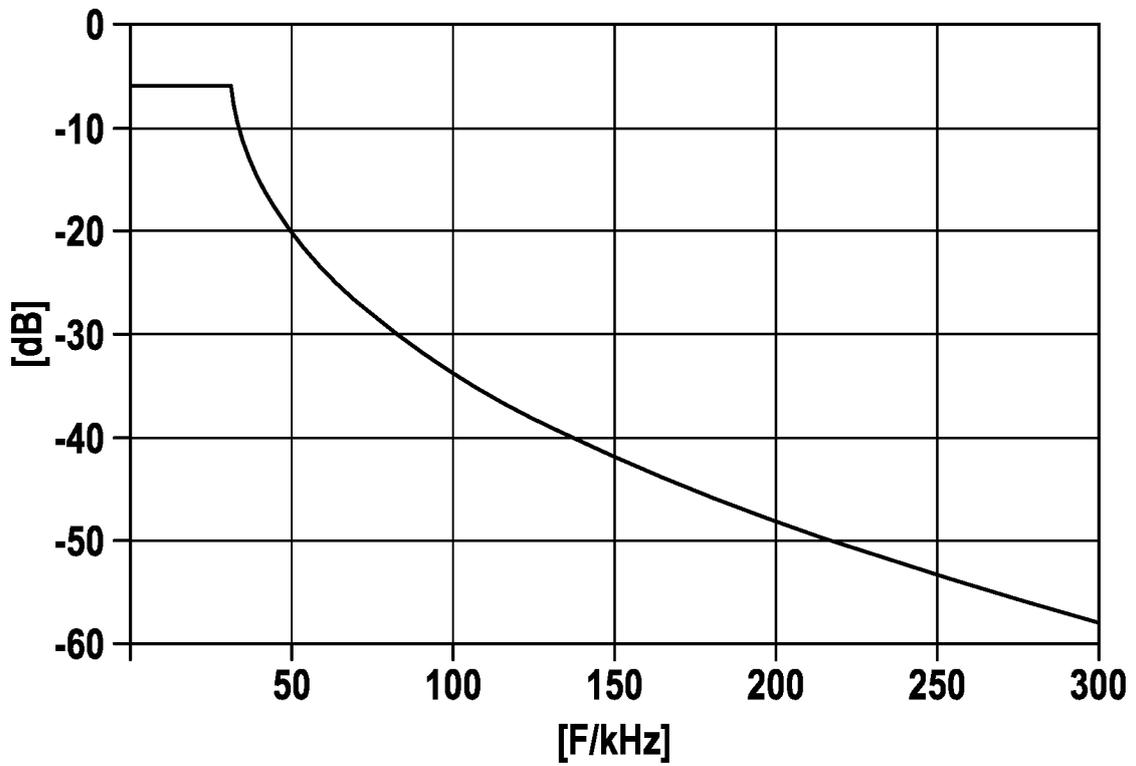


Fig. 4